

Biologisches Zentralblatt

Begründet von J. Rosenthal

Herausgabe und Redaktion:

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. C. Correns

Prof. Dr. R. Goldschmidt und Prof. Dr. O. Warburg

in Berlin

Verlag von Georg Thieme in Leipzig

Anzeigen-Aannahme: Hans Pusch, Berlin SW. 48, Wilhelmstr. 28

41. Band.

September 1921.

Nr. 9

ausgegeben am 1. September 1921

Der jährliche Abonnementspreis (12 Hefte) beträgt 30 Mark
Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten

Den Herren Mitarbeitern stehen von ihren Beiträgen 30 Sonderabdrucke kostenlos zur Verfügung; weitere Abzüge werden gegen Erstattung der Herstellungskosten geliefert.

- Inhalt: K. Bělar, Untersuchungen über den Formwechsel von *Actinophrys sol.* Mit 3 Abbildungen. S. 335.
J. A. Bierens de Haan, Phototaktische Bewegungen von Tieren bei doppelter Reizquelle. Mit 9 Abbildungen. S. 395.
W. Goetsch, Ungewöhnliche Arten von Nahrungsaufnahme bei Hydren. Mit 7 Abbildungen. S. 414.
K. Fernandez-Marcinowski, Der Mechanismus des Schlüpfens bei den Amphibienlarven. Mit 3 Abbildungen. S. 423.

Untersuchungen über den Formwechsel von *Actinophrys sol.*

(Vorläufige Mitteilung.)

Von Karl Bělar, Berlin-Dahlem.

(Kaiser Wilhelm-Institut für Biologie, Abteilung Hartmann.)

Mit 3 Abbildungen.

Als Untersuchungsobjekt für die experimentelle Erforschung von Formwechselproblemen (Erblichkeit, Sexualitätsverhältnisse, Variabilität, Modifizierbarkeit und Rhythmik des Formwechsels) dienten unter den Protisten — von den Thecamöben, bei denen aber keine Sexualität bekannt ist, abgesehen — bisher immer die Ciliaten. Da jedoch infolge deren Kernverhältnisse — Scheidung in Mikro- und Makronukleus — die allgemeine Tragweite der aus solchen Experimenten gezogenen Schlüsse vor Einschränkungen nie sicher ist, suchte ich auf Anregung von Herrn Professor Hartmann nach einem neuen Objekt, welches den Anforderungen des Experimentators mehr entsprach. Es war unter den Heliozoen zu suchen, da die marinen Formen nicht in Betracht kamen und wir keine andern heterotrophen Süßwasserprotisten von relativ beträchtlicher Größe und mit einwandfrei nachgewiesener Sexualität

kennen. Und da auch bei dieser Gruppe Sexualität nur bei *Actinosphaerium* und *Actinophrys* bekannt ist, wählte ich letztere Form, weil sie einkernig ist.

1. Ein Vergleich gefärbter Befruchtungsstadien mit der bisherigen Literatur über *Actinophrys* zeigte die Notwendigkeit einer neuerlichen zytologischen Untersuchung. Die erste Darstellung von Schaudinn hatte bereits durch Distaso eine Korrektur insofern erfahren, als letzterer nachwies, daß die Befruchtung keine Hetero- sondern eine Pädogamie ist: ein Tier zieht seine Pseudopodien ein und scheidet eine zarte Gallerthülle aus; sodann teilt es sich in zwei Gameten, die nach Ablauf zweier Reifungsteilungen wieder miteinander verschmelzen, die Zygote bildet eine starke Membran aus und entläßt bei der Keimung wieder ein kleines Heliozoon. (Abb. I.) Ich kann diese Angaben vollauf bestätigen und, besonders was den Formwechsel des Kernes anbelangt, wesentlich ergänzen. Vorher noch einiges über die vegetative Mitose.

Im Ruhezustand zeigt der Kern eines normalen Individuums einen chromatischen Belag an der Kernmembran und im Innern eine vollkommen gleichmäßige Alveolarstruktur. An die Kernmembran scheinen die Axenfäden (die Skelettstruktur der Pseudopodien) unmittelbar anzustoßen (Abb. I, 1, auf der rechten Seite sind sie schon in Auflösung begriffen). Die Vorgänge bei der Mitose zwingen jedoch zu der Annahme, daß zwischen den proximalen Enden der Axenfäden und der Kernmembran noch eine sehr dünne Schicht besonders differenzierten Plasmas gelegen ist. Denn: während sich in der Prophase der vegetativen Kernteilung aus den Alveolenwänden des Kerninnern — der chromatische Wandbelag wird dabei nicht tangiert — ein feines Spirem differenziert, bilden sich an zwei gegenüberliegenden Seiten des Kernes zwei Plasmaansammlungen aus, die unter ständiger Volumzunahme die Fußenden der Axenfäden (die während der Teilung persistieren) vom Kern abheben. Es sind dieselben Strukturen, die Hertwig bei *Actinosphaerium* als Protoplasmakegel (ich nenne sie Polkappen) bezeichnet hat, wie denn überhaupt die Teilung von *Actinophrys* mit der von *Actinosphaerium*, wenn auch nicht in den Details, so doch in großen Zügen übereinstimmt. Im weiteren Verlauf der Kernteilung zerfällt das Spirem in 44 stäbchenförmige Chromosomen, die in der Metaphase längsgespalten werden. In der Telophase verklumpen die Tochterplatten mit dem ebenfalls in zwei Partien geteilten chromatischen Wandbelag zu dichten Gebilden, aus denen nach Auflösung der alten Kernmembran — die Spindel ist intranukleär — die neuen Tochterkerne werden. Die Polkappen nehmen an Volumen ab, ihre Substanz scheint wieder um den Kern heranzufließen.

Die progame Teilung (Abb. I, 2) verläuft in genau derselben Weise, nur fehlen die Axenfäden der Pseudopodien.

Die Umwandlungen jedoch, denen die Gametenkerne von der Telophase der progamen Teilung (Abb. I, 2, 3) an bis zur Karyogamie unterworfen sind, weisen eine überraschende Übereinstimmung mit den ent-

sprechenden Vorgängen bei der Keimzellreifung höherer Organismen auf. (Abb. I und II.) Nach der progamen Teilung zeigt der Kern sich zunächst von einer gleichmäßigen Alveolarstruktur durchsetzt. All-

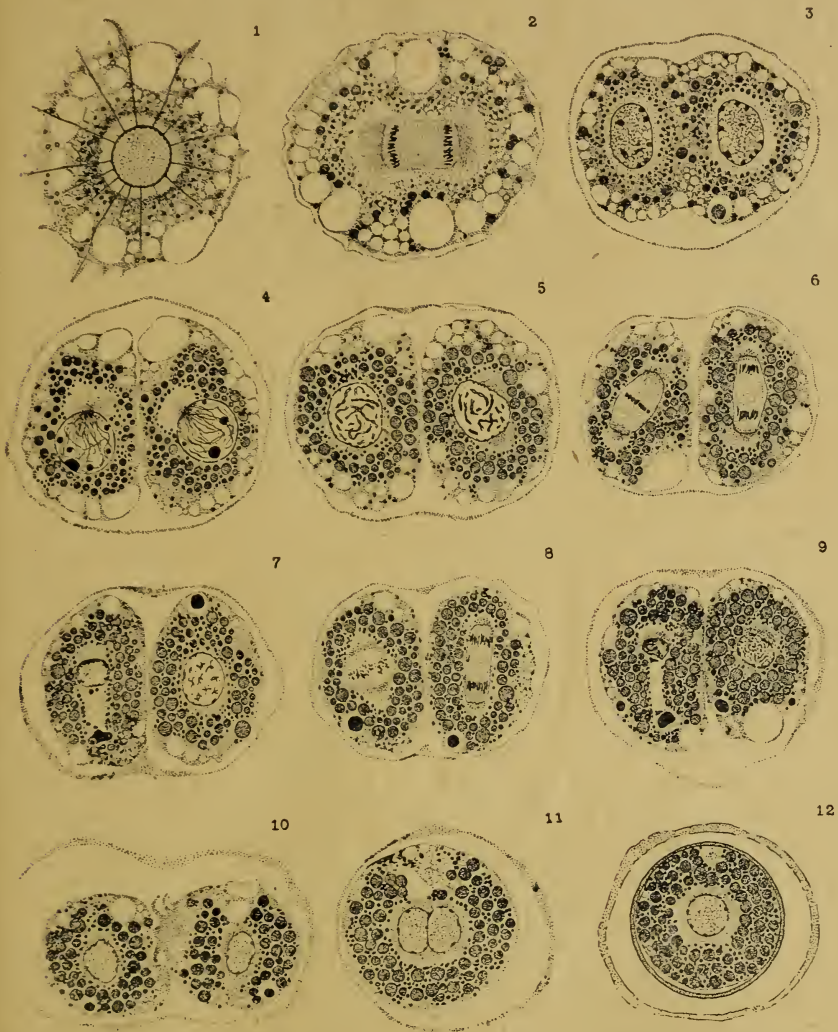


Abb. I, 1—12. *Actinophrys sol*, zwölf aufeinanderfolgende Stadien der Pädogamie, aus gefärbten Präparaten (Flemming stark, 5 μ Paraffinschnitt, Eisenhämatoxylin) zusammengestellt. 1—3 Beginn und progame Teilung, 3—6 Synapsis, Strepsinem und Reduktionsteilung, 7—9 Interkinese und Äquationsteilung, 10 Kopulation, 12 Cyste. Die dunklen Schollen im Plasma sind osmierte Fetttropfen (Reservefett). Vergr. 650fach.

mählich macht sich jedoch eine polare Orientierung der radialen Wabenwände geltend (Abb. II, 1), aus denen sich unter Schwund der Querverbindungen schleifenförmige Chromosomen herausdifferenzieren, die mit ihren freien Enden dem Kernpol zugekehrt sind, an dem sich außen

eine dichte Plasmaansammlung, von der eine feine Strahlung ausgeht, gebildet hat. (Abb. I, 4 und II, 2.) Es erfolgt hierauf paarweise Parallelkonjugation der Chromosomen, nach deren Vollendung (Abb. II, 3) die polare Orientierung letzterer unter gleichzeitigem Schwinden der archoplasmaähnlichen Plasmaverdichtung einer unregelmäßigen Anord-



Abb. II, 1—16. *Actinophrys sol.* Kernumwandlungen während der Pädogenie. 1 Beginn der Synapsis, 2, 3 Parallelkonjugation, 4—6 Strepsinem, 7 Diakinese, 8, 9 Reduktionsteilung, 10 Tochterplatte der Reduktionsteilung in Polansicht, 11 Bildung des I. Richtungskörpers, 12 Interkinese, 13, 14 Äquationsteilung, 15, 16 Vorkerue. Schnittpräparat, Eisenhämatoxylin. Vergr. 1450 fach.

nung Platz macht. (Fig. II, 4.) Sodann lockert sich die Verbindung der aus dem Bukettstadium hervorgegangenen Doppelchromosomen, die Einzelchromosomen scheinen drahtförmig umeinander gewickelt: das Strepsinemstadium. (Abb. II, 5, 6.) Hand in Hand damit geht eine Verkürzung der Chromosomen; hat diese einen gewissen Grad erreicht,

so wird die „Verkittung“ der Einzelchromosomen jeden Paares dichter, bis das Doppelchromosom schließlich nur an einer Stelle — sei es an seiner Mitte oder an dem in diesem Falle schwalbenschwanzförmigen Ende — seine Doppelnatur verrät. (Abb. II, 7.) Der Kern wandelt sich nunmehr in die erste Reifungsspindel um, an zwei Polen werden wieder Plasmaverdichtungen sichtbar (Abb. I, 5), die an Volumen zunehmen, jedoch keinerlei zentriolenartige Bildungen im Innern zeigen. Ich bin geneigt, sowohl diese Struktur als auch die Polkappen der vegetativen und progamen Mitose, sowie schließlich die zentrosomenartige Verdichtung während des Bukettstadiums als Umwandlungsformen ein und derselben zytoplasmatischen Struktur aufzufassen.

In der Metaphase der ersten Reifungsteilung werden nunmehr die Doppelchromosomen in ihre Partner zerlegt (Abb. II, 8, 9) und zwar scheint die Trennung an der Stelle zu beginnen, an der die Doppelchromosomen vorher eine kleine Lichtung gezeigt hatten (s. oben und Abb. II, 7). Die erste Reifungsteilung ist somit als Reduktionsteilung zu bezeichnen; der eine Tochterkern degeneriert zum 1. Richtungskern. Die Einzelchromosomen werden bald nach ihrer Trennung längsgespalten (Abb. II, 10), die Spalhhälften bleiben jedoch beisammen und treten in der Interkinese gekreuzt wieder auf (Abb. II, 12), jedes Kreuzchen entspricht also einem äquationell geteilten Konjugationspartner.

Die zweite Reifungsteilung spielt sich, was die lokomotorischen Strukturen anbelangt, ebenso ab wie die erste. Die Chromosomen verkürzen sich, in der Metaphase legen sich die Hälften jedes Kreuzchens zueinander parallel (Abb. II, 13) und werden in der Anaphase voneinander getrennt. (Abb. II, 14.) Hierauf folgt Bildung des zweiten Richtungskernes in derselben Weise wie die des ersten. (Abb. I, 8.) Die zweite Reifungsteilung ist somit als Äquationsteilung zu bezeichnen. Bei der nun folgenden Rekonstruktion des Kernes treten noch einmal Chromosomen hervor, sie sind vielfach gewunden und regelmäßig in gleichen Abständen voneinander angeordnet (Abb. II, 15), lösen sich jedoch alsbald in ein gleichmäßiges Wabenwerk auf (Abb. II, 16, Abb. I, 10). In diesem Zustand legen sich die beiden Gametenkerne — inzwischen hat ja die Kopulation stattgefunden — aneinander (Abb. I, 11) und verschmelzen zu einem Kern von genau demselben Bau (Abb. I, 12).

Auch die Zahlenverhältnisse der Chromosomen entsprechen dem von Metazoen her bekannten Schema: die Chromosomenzahl der vegetativen wie der progamen Mitose, also die Diploidzahl, ist 44, die Zahl der Doppelchromosomen auf dem Strepsinemstadium und in der Diakinese beträgt 22, ebenso viele Kreuzchen sind in der Interkinese zu zählen und die Tochterplatten der zweiten Reifungsteilung enthalten 22 Einzelchromosomen.

Schließlich konnten auch verschiedene Größenkategorien der Chromosomen festgestellt werden, die sich in zwei Garnituren anordnen lassen. Die homologen Chromosomen jeder Garnitur konjugieren im Bukettstadium; am sinnfälligsten sind die Größenunterschiede in der Interkinese. (Abb. II, 12.)

Wir haben hier bei einem Protisten genau denselben Chromosomenzyklus vor uns, wie er in dem übrigen Organismenreiche in stereotyper Gleichförmigkeit auftritt¹⁾. Abgesehen davon, daß dieser Befund für die fundamentale Bedeutung dieser Vorgänge für das gesamte Leben spricht, erblicke ich auch darin eine weitere Stütze für eine Beurteilung der verschiedenen Formtypen der Protistenkerne, für die mir zwar noch nicht völlig ausreichendes Tatsachenmaterial vorhanden zu sein scheint, die ich aber trotzdem kurz hier andeuten möchte.

Es klingt heute schon wie ein Gemeinplatz, wollte man noch versichern, daß die Protozoen nicht die einfachen „primitiven“ Organismen sind, für die sie noch vor zwanzig Jahren gegolten haben. Aber wenn man auch von dieser Auffassung, soweit sie sich auf die ganzen Individuen des Protistenreiches erstreckt, abgegangen ist, so hat man doch in bezug auf einzelne Lebenserscheinungen, Zellbestandteile etc. daran festgehalten, daß es möglich ist, hier primitivere Verhältnisse festzustellen und diese für eine historische Erklärung auszuwerten.

Speziell suchte man die ungeheure Formenmannigfaltigkeit, in der uns die Protistenkerne und ihr Formwechsel entgegentreten, in solche phylogenetische Systeme zu bringen. Es wurde unter anderem ein Unterschied der Längsteilung und Querteilung der Chromosomen gemacht, und letztere als der primitivere Modus bezeichnet. Und hat schon die zytologische Protistenforschung der letzten Jahrzehnte eine ganze Reihe primitiver Charaktere bei Protistenmitosen beseitigt, an diesem Unterschied wird doch auch jetzt noch vielfach festgehalten. Ich habe schon früher in einem Beispiel zu zeigen versucht, daß dieser Unterschied, der ja im Moment der Anaphase zweifellos vielfach besteht, doch nicht so tiefgreifend ist: ich habe bei Thecamöben, die typische Querteilung der Chromosomen zeigen, in der Prophase ganz metazoenähnliche Spiremstrukturen nachweisen können; die Querteilung ist in diesem Fall — und, wie ich glaube, in allen Fällen — darauf zurückzuführen, daß das Chromosom im Stadium der Metaphase nicht stäbchen- sondern kugelförmig ist; bei abnehmender Viskosität seiner Substanz erfolgt dann die Teilung nicht wie bei vielen Metazoen als biskuitförmige Einschnürung, sondern unter Dehnung als Querteilung. Weiter möchte ich daran erinnern, wie die *Hartmannella*-artige *Amoeba mira* Gläser bei ihrer Enzystierung, die durchaus sexuellen Charakter trägt, sowie die *Vahlkampfia*-artige *Amoeba diploidea* bei ihren Befruchtungsvorgängen ähnliche Vorgänge, wie sie hier bei *Actinophrys* beschrieben sind, wenn auch nicht deutlich zeigen, so doch wenigstens ahnen lassen. Und dabei bildet letztere bei der vegetativen Mitose nicht einmal deutlich gesonderte Chromosomen, sondern nur einen Äquatorialring aus!!

1) Selbstverständlich wird jedermann, der die Hertwigsche *Actinosphaerium*-Arbeit kennt, die weitgehende Übereinstimmung auch der während des Befruchtungsaktes vor sich gehenden Kernveränderungen mit den hier geschilderten Verhältnissen auffallen; es handelt sich bei *Actinosphaerium* sicher um genau dieselben Vorgänge, nur ist deren Deutlichkeit durch große Zahl und geringe Dimensionen der Chromosomen, vielleicht auch noch durch andere Faktoren verschleiert.

Die Auffassung vom Bau der Protistenkerne, deren durchgängige Richtigkeit ich allerdings noch zu beweisen habe, wäre dann etwa die: die große Mannigfaltigkeit der Kernteilungstypen, die wir bei den Protisten antreffen, ist ausschließlich ein Ausdruck der verschiedenartigen Ausbildung der lokomotorischen Komponente, also der Spindelstrukturen etc. Sie ist es, die einer Protistenmitose einfachen oder bizarren Charakter verleiht. Nur soweit ihre Wirkungsweise auf den Formwechsel der generativen Komponente übergreift, wird auch dieser stark abgeändert, im wesentlichen zeigt das Chromatin, die idiogenerative Kernkomponente, wie im ganzen übrigen Organismenreich, so auch bei den Protisten, soweit wir überhaupt Kerne feststellen können, überall dieselbe stereotype Ausbildung ihres Formwechsels.

2. Anisogamie. Kontinuierliche Beobachtung des Befruchtungsvorganges im Leben ergab außer genauen Daten über die Dauer der einzelnen Stadien (Dauer der Pädogamie vom ersten Einziehen der Pseudopodien bis zur fertigen Zygote: 21—24 Std.) die Feststellung einer geschlechtlichen Differenzierung der Gameten. Sobald bei beiden Gameten die Reifungsteilung vollzogen ist, runden sie sich ab; der eine Gamet bleibt vollkommen passiv, der andere streckt an der letzteren zugewandten Seite ein kleines Pseudopodium aus, welches zunächst die Oberfläche des andern Gameten etwas eindrückt (Abb. I, 10); dann verschmelzen die einander berührenden Zelloberflächen. Die Verschmelzungsstelle dehnt sich rasch immer mehr aus, gleichzeitig beginnt der aktive Gamet in den passiven hineinzufießen. Die fertige Zygote liegt schließlich an der Stelle, die ersterer vorher innegehabt. (Abb. III.) Die beiden Gameten sind somit deutlich als weiblich und männlich charakterisiert. Außerdem besteht noch ein weiterer Unterschied zwischen beiden: schon in Präparaten findet

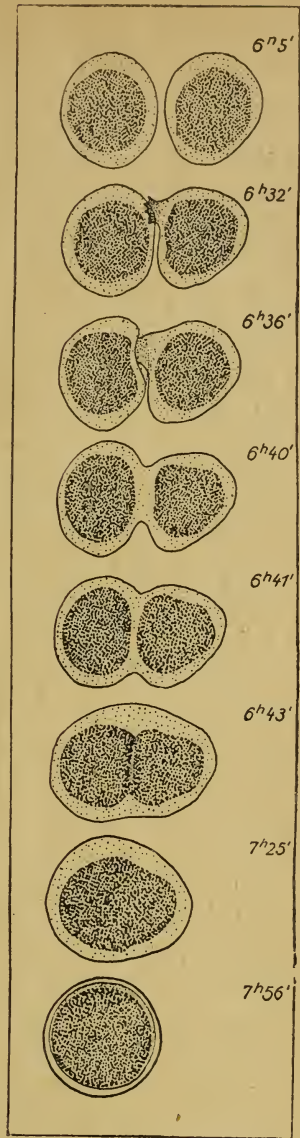


Abb. III. 8 *Actinophrys sol.* aufeinanderfolgende Stadien der Pädogamie von beendeter II. Reifungsteilung an bis zur fertigen Zygote, an ein und demselben Gametenpaar im Leben beobachtet. Markschicht (die das Reservefett enthält) dunkel. Vergr. 320 fach. Zeitangabe rechts oberhalb jeder Teilabbildung.

man, daß vom frühen Strepsinemstadium niemals beide Gameten auf demselben Stadium anzutreffen sind (Abb. I, 5—9); die Lebendbeobachtung zeigt nun, daß der männliche Gamet in seiner Entwicklung dem weiblichen vorseilt, er ist mit der zweiten Reifungsteilung um 15 bis 30 Minuten früher fertig als der weibliche.

Wir haben hier wieder einen Fall morphologischer Isogamie, die sich als physiologische Anisogamie entpuppt hat, vor uns, ein Fall, der dadurch noch weitere Bedeutung gewinnt, daß die beiden Gameten Geschwisterzellen sind. Ich bin geneigt, hierin eine weitere Stütze der Bütschli-Hartmannschen Sexualitätstheorie zu erblicken, nach der es ja eine völlige Isogamie nicht gibt, da die geschlechtliche Differenzierung erst eine Voraussetzung für die Notwendigkeit eines Sexualaktes ist. Ferner ist man auch — vorläufig wenigstens — zur Annahme gezwungen, daß die geschlechtliche Differenzierung, in diesem Fall also auch die Geschlechtsbestimmung, bereits vor der Reduktionsteilung durch die progame Teilung erfolgt. Wenigstens bestehen keinerlei Anhaltspunkte, einen Mechanismus anzunehmen, der bei der Reduktionsteilung in jedem Gameten die Faktoren des entgegengesetzten Geschlechts eliminiert, und bei dem gewöhnlichen Geschlechtschromosomenmechanismus müßte ja ein gewisser Prozentsatz von gleichgeschlechtlichen Gametenpaaren resultieren, was nicht der Fall ist.

3. Experimentelles. *Actinophrys* läßt sich ziemlich leicht kultivieren. Als Medium dient (durch Berkefeldfilter) filtriertes Teichwasser oder Knopsche Nährlösung, letztere am besten in 0,05 % iger Verdünnung. Das destillierte Wasser wird jedesmal vor Ansetzen einer neuen Nährlösung in einem Fehmelapparat aus Leitungswasser frisch hergestellt; die fertige Nährlösung nie länger als 4 bis 5 Tage benutzt. Als Gefäße wurden Schälchen aus Jenenser Glas (Boveri-Schalen) mit flachem Deckel verwendet, für Zählkulturen extra dicke hohlgeschliffene Objektträger. Als Futter dient entweder *Chlorogonium euchlorum* oder *Gonium pectorale*, beide auf Knopagar (0,5 g Agar = 100 cm³ 0,05 % ige Knopsche Nährlösung) in Petrischalen rein gezogen. Vor dem Füttern wird eine Platte mit Nährlösung abgespült und die Algenaufschwemmung eine Zeitlang ans Licht gestellt; von der dem Licht zugekehrten Ansammlung am Rande der Schale wird das meiste mit einer Pipette abgefischt und in frische Nährlösung übertragen. Aus dieser wird dann ebenso ca. 1/2 cm³ dichter Algenaufschwemmung in die Kulturschale gebracht. Die Kulturen stehen entweder an einem Nordfenster in einem Arbeitsraum, dessen jährliche Temperaturschwankung maximal 10 Grad beträgt, oder in einem auf 21 Grad eingestellten Thermostaten. Durch die verwandte Methodik kann man also drei Außenfaktoren ziemlich konstant gestalten: Zusammensetzung des Kulturmediums, Beschaffenheit und Menge des Futters, Temperatur. Den vierten Faktor, das Licht, gleichmäßig zu machen, stößt vorläufig auf technische Schwierigkeiten, es scheint auch keine besondere Rolle zu spielen.

Je nach Wahl des Futters und der Nährlösung lassen sich Größe, Plasmastruktur und Teilungsrate der Heliozoen innerhalb nicht zu enger Grenzen modifizieren, worauf aber hier nicht eingegangen werden soll.

Mittels der hier angegebenen Kulturtechnik ist es nun ferner gelungen, die beiden Hauptabschnitte des Formwechsels von *Actinophrys*, als da sind: vegetative Vermehrung und Pädogamie, in ihrer Aufeinanderfolge willkürlich zu beeinflussen.

1. Kann die Sexualität völlig ausgeschaltet werden, wenn man dafür sorgt, daß die drei oben erwähnten äußeren Faktoren möglichst konstant bleiben. Es wird dies praktisch erzielt durch tägliches Wechseln der Nährlösungen in den Objektträgerkulturen, in den Schälchen durch Erneuern an jedem vierten Tag. In den Zählkulturen erfolgten pro Tag 1 bis 2 Teilungsschritte; eine Schädigung ist bis jetzt nicht zu konstatieren, etwaige größere Schwankungen der Teilungsrate konnten meist auf Mängel der Kulturtechnik zurückgeführt und die Pädogamie jederzeit unter den weiter unten geschilderten Bedingungen ausgelöst werden. Es werden zwei Stämme in Zählkulturen geführt: der erste²⁾ ist aus dem Freien im Oktober 1919 gefangen, seit 7. Februar 1920 in Objektträgerkulturen gezüchtet worden; die Zahl der Teilungsschritte bis 31. Mai 1921 beträgt 535. Der zweite Stamm ist aus einer Zygote eines andern, ebenfalls aus dem Freien gezüchteten Stammes am 9. Oktober 1920 gezüchtet und sofort in Zählkultur genommen worden; er hat bis 31. Mai 1921 301 Teilungen absolviert. Außerdem gestattet die relativ beträchtliche Größe von *Actinophrys* auch in den Schalenkulturen eine genaue Feststellung wenn auch nicht der Teilungsrate, so doch einer etwa eintretenden Pädogamie, resp. des Fehlens einer solchen.

2. Die Pädogamie kann jederzeit nach Ablauf von 7 bis 14 Tagen mit Sicherheit dadurch ausgelöst werden, daß man eine Kultur sich selbst überläßt, also weder die Nährlösung erneuert noch Futter zusetzt. Es setzen sich dann 80 bis 100 % aller Tiere am Boden fest, ziehen die Pseudopodien ein und es erfolgt der Befruchtungsakt. Die vom Aussetzen der Kultur bis zur vollendeten Zygotenbildung verstreichende Frist ist von der Zahl der Tiere, die man anfänglich hineinsetzt, und von den Dimensionen des Kulturgefäßes abhängig, jedoch kann sie selbst im hohlgeschliffenen Objektträger ohne Schädigung des normalen Verlaufs der Pädogamie nicht unter 7 Tage reduziert werden. Von 488 angelegten Kulturen ergaben 439 positive Resultate; bei dem Rest von 49 konnte der Mißerfolg bei 28 auf falsche Zusammensetzung der Nährlösung und bei weiteren 13 auf starke Verunreinigung durch Chlorellen zurückgeführt werden.

2) Dieser Stamm hat allerdings die Fähigkeit, den Befruchtungsakt normal zu Ende zu führen, scheinbar seitdem er von mir kultiviert wird, nie besessen und auch die Reste dieser Fähigkeit (im Winter 1919/20 verlief die Pädogamie bis zur Interkinese normal, dann pathologisch; Cysten wurden nie gebildet) im Laufe der Zeit eingebüßt. Dadurch wird ja auch die Beweissphäre dieser Zuchtresultate stark eingeschränkt. Und deshalb datieren auch meine erfolgreichen Experimente über Auslösung der Pädogamie erst seit Anfang September 1920, wo ich mir einen neuen Stamm verschaffen konnte. Es scheint, daß ein derartiger Verlust der Sexualität (der ja auch bei dem von Hartmann gezüchteten *Eudorina*-Stamm vorzuliegen scheint) ebenfalls experimentell (durch Schädigung und Selektion) bewirkt werden kann, doch verfüge ich noch nicht über einigermaßen eindeutige Resultate in dieser Richtung.

Die auslösenden Faktoren gliedern sich nach den bisherigen Voruntersuchungen in zwei Komplexe, die beide für das Zustandekommen der Pädogamie nötig sind: 1. Stoffwechselprodukte der Heliozoen, 2. Änderung der Gassättigung der Nährlösung, d. h. entweder CO₂-Anreicherung oder O-Mangel, vielleicht beides zusammen.

Es kann nunmehr die Pädogamie nicht nur bei einem bis dahin asexuell gezogenen Stamm durch Abzweigung einer Kultur hervorgerufen werden, sondern man kann auch die Befruchtungsakte dicht aufeinanderfolgen lassen, indem man frisch aus Cysten geschlüpfte Tiere sofort den die Sexualität auslösenden Bedingungen aussetzt; allerdings gelingt dies noch nicht unter völliger Ausschaltung der vegetativen Teilung, da ich ja vorläufig darauf angewiesen bin, die auslösenden Faktoren durch die Versuchstiere selbst bilden zu lassen. Die Zahl der Teilungsrate, die zwischen zwei Befruchtungsakten verstreichen müssen, konnte bis jetzt auf 6 reduziert werden; die Zahl der aufeinander folgenden Befruchtungen (also Generationen) beträgt seit Oktober 1920 bis Ende Mai 1921 12³).

3. Die Cystenruhe kann beliebig verlängert oder abgekürzt werden. Durch Übertragen der Cysten aus 0,05%iger Knopscher Nährlösung in ein hypotonisches Medium (destilliertes oder Leitungswasser, neuerdings verwende ich 0,01%ige Knopplösung) kann das Ausschlüpfen der jungen Tiere sofort nach völliger Ausbildung der Cyste veranlaßt werden. Der Prozentsatz der aus schlüpfenden Tiere schwankt zwischen 50 und 90 %, er kann durch mehrtägiges Halten der Cysten bei niederer Temperatur (6°) und plötzliche Erhöhung dieser auf 25° dem letzteren Werte meist genähert werden. Andererseits kann man die Cysten bis zu 7 Monaten in Knopscher Nährlösung unverändert halten, wenn man durch niedere Temperatur und Dunkelheit Verunreinigung durch Bakterien und Chlorellen hintanhält. Jederzeit kann dann das Ausschlüpfen durch das oben angegebene Mittel veranlaßt werden.

Bringt man frisch geschlüpfte Tiere wieder in Knopsche Nährlösung mit Futter, so erlangen sie nach 12 bis 24 Stunden normalen Habitus, die Teilung beginnt jedoch erst 12 Stunden darauf.

Das hier dargelegte experimentelle Material erscheint mir noch zu gering und zu wenig durchgearbeitet, als daß es eine ausführliche theoretische Auswertung rechtfertigen könnte. Jedoch scheinen mir bereits die bis jetzt vorliegenden Daten eine erhebliche Stütze für die Richtigkeit der Klebschen Anschauungen über die bestimmende Wirkung der Außenbedingung auf den Formwechsel darzustellen, Anschauungen, die sich in der Zoologie keines großen Anhanges erfreuen, deren Tragweite jedoch nachzuweisen mein ferneres Bestreben sein wird.

3) Diese Zahl scheint nach den oben gemachten Angaben gering, ist jedoch aus ungünstigen äußeren Verhältnissen zu erklären (ich mußte in dieser Zeit mehrmals verreisen, die Heizung war in den Wintermonaten ziemlich unregelmäßig und dann nahm die Aufarbeitung des cytologischen Materials ziemliche Zeit in Anspruch, sodaß ich mich in dieser Zeit den Experimenten nicht mit der nötigen Intensität widmen konnte).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1921

Band/Volume: [41](#)

Autor(en)/Author(s): Belar Karl

Artikel/Article: [Untersuchungen u^lber den Formwechsel von Actinophrys sol. 385-394](#)